

POLA DINAMIS PENURUNAN HASIL TANGKAPAN UDANG AKIBAT PENGENDAPAN DAN LIMBAH INDUSTRI DI KAWASAN SEGARA ANAKAN

*Dynamic Pattern of Degradation of Shrimps Catch as an Effect of Sedimentation and
Industrial Waste in Segara Anakan*

Oleh:

Mustaruddin^{1*}, Domu Simbolon¹, Mohammad Khotib²

¹ Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

¹ Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor

* Korespondensi: mus_m03@yahoo.com

Diterima: 19 April 2016; Disetujui: 5 September 2016

ABSTRACT

Segara Anakan, Cilacap Regency is an important marine fisheries producer in Central Java Province, especially for shrimps. The objective of this study were to analyze the production and fishing ground of shrimps, to analyze dynamic patterns of shrimps catch affected by sedimentation and industrial waste in Segara Anakan, and to develop intervention option to the degradation of shrimp catch as well. Some methods were used in this study such as descriptive method, geographic information system, and dynamic model approach included the test of model structural stability and performance. In 2002–2013, the highest production of shrimps in the Segara Anakan was in 2006 (2263.0 ton) and the lowest was in 2010 (884.7 ton). Fishing ground of shrimp in the Segara Anakan already had high total suspended solid, and also low contaminated oil and lead (Pb). Results of dynamic model analysis showed that shrimp catch degraded exponentially along with the increasing of sediment accumulation and industrial waste. Shrimps production in 2013 was 1147.8 tons, and might decrease 43.04% to be 653.8 tons over 75 years later without intervention. If the model was intervenced by fishing open-close system and limited acces fishing ground, hence shrimps catch showing stable around 902.2–929.1 ton every year. While if the intervention was conducted by the stopping of industrial waste to Segara Anakan, hence shrimps catch only decrease 13.00% to be 998.6 tons over 75 years later.

Keywords: dynamic model, fishing ground, industrial waste, shrimp catch

ABSTRAK

Segara Anakan, Kabupaten Cilacap merupakan basis produksi perikanan laut yang penting di Provinsi Jawa Tengah terutama jenis udang. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi produksi dan daerah penangkapan udang, menganalisis pola dinamis penurunan hasil tangkapan udang akibat pengaruh pengendapan dan pembuangan limbah industri di kawasan Segara Anakan, serta mengembangkan alternatif intervensi secara *modelling* terhadap penurunan tersebut. Metode yang digunakan terdiri dari metode deskriptif, sistem informasi geografi, pendekatan model dinamis, serta uji kestabilan struktur dan kinerja model. Pada periode tahun 2002-2013, produksi tertinggi udang terjadi pada tahun 2006 (2263,0 ton) dan terendah terjadi pada tahun 2010 (884,7 ton). Daerah penangkapan udang di kawasan Segara Anakan mempunyai total padatan tersuspensi dan kekeruhan yang tinggi, serta tercemar ringan oleh minyak dan logam

timbangan. Analisis model dinamis menunjukkan bahwa hasil tangkapan udang cenderung menurun secara eksponensial seiring meningkatnya akumulasi endapan dan cemaran limbah industri dari waktu ke waktu. Hasil tangkapan udang yang saat ini (tahun 2013) mencapai 1147,8 ton, bisa menurun 43,04% menjadi 653,8 ton setelah 75 tahun kemudian. Bila model tersebut diintervensi dalam bentuk penerapan sistem *open-close* dan pembatasan daerah penangkapan yang bisa diakses, maka hasil tangkapan udang cenderung stabil pada kisaran angka 902,2-929,1 ton setiap tahunnya. Akan tetapi bila intervensi dilakukan dalam bentuk penghentian pembuangan limbah industri ke kawasan Segara Anakan dan sekitarnya, maka hasil tangkapan udang hanya turun 13,00% (menjadi 998,6 ton) setelah 75 tahun kemudian.

Kata kunci: model dinamis, daerah penangkapan, limbah industri, hasil tangkapan udang

PENDAHULUAN

Kabupaten Cilacap merupakan basis produksi perikanan laut yang penting di Provinsi Jawa Tengah dengan kontribusi produksi pada tahun 2013 mencapai 7.616 ton dan nilai sekitar Rp 78.929.726 (DKP, 2014). Kontribusi tersebut diantaranya merupakan sumbangan dari hasil tangkapan udang, selain tuna, tongkol dan cakalang. Menurut DKP2SKSA (2014), hasil tangkapan udang yang berasal dari Kabupaten Cilacap mencapai 1.520 ton atau sekitar 52,3% dari total produksi udang laut di Provinsi Jawa Tengah tahun 2012. Faktor pendukung utama tingginya produksi udang di Kabupaten Cilacap ini adalah keberadaan Laguna Segara Anakan sebagai habitat dari delapan jenis udang hasil tangkapan utama, yaitu udang jerbung, udang krosok, udang dogol, udang rebon, udang barat, udang lobster, udang tiger, dan udang peci. Purwanto *et al.* (2014) dan Syakti *et al.* (2013) menyatakan bahwa Laguna Segara Anakan yang alirannya mengelilingi Pulau Nusa Kambangan dan mencapai 2/3 wilayah pesisir Kabupaten Cilacap berperan penting bagi penetrasi lingkungan perairan, perkembangan habitat, dan pembentukan daerah penangkapan udang.

Perkembangan habitat udang sangat dipengaruhi oleh keberadaan sumber makanan. Contardo dan Symonds (2015) dan Nordhaus *et al.* (2011) menyatakan bahwa perilaku arus lepas pantai, gelombang pasang-surut (*swell*), angin lokal, dan kondisi air payau di sekitar Laguna Segara Anakan mendukung proses pengkayaan hara seperti nitrat dan posfat yang penting bagi fotosintesis biomasa fitoplankton perairan. Disamping itu, kondisi salinitas, suhu, oksigen terlarut, sedimentasi, kekeruhan, fase bulan, dan keadaan hari (siang atau malam) juga mempengaruhi perkembangan udang dan potensial tidaknya suatu daerah penangkapan udang. Lain halnya menurut Dsikowitzky *et al.* (2011), kondisi oseanografi perairan bersifat sensitif terhadap keberadaan udang dan jumlah hasil tangkapan yang bisa didapat nelayan dalam suatu operasi penangkapan. Nordhaus *et al.* (2011) menambahkan bahwa jumlah hasil

tangkapan udang di kawasan Segara Anakan dan sekitarnya cenderung menurun setiap tahunnya. Kondisi ini kemungkinan disebabkan degradasi lingkungan dan rusaknya habitat mangrove sebagai akibat pengendapan dan pembuangan limbah industri di kawasan Segara Anakan, Kabupaten Cilacap.

DKP2SKSA (2009) menyatakan bahwa pengendapan di kawasan Segara Anakan diperkirakan mencapai 1 juta m³/tahun, dominan merupakan sumbangan material aliran sungai yang bermuara di Laguna Segara Anakan. Adapun sungai yang menjadi penyumbang utama material tersebut adalah Sungai Citan-duy dan Sungai Cimeneng. Potensi pembuangan limbah industri juga relatif besar mengingat di Kabupaten Cilacap banyak berkembang industri besar dengan *outlet* limbah yang mengarah ke kawasan Segara Anakan. Kondisi ini dapat menyebabkan kualitas habitat, dan laju rekrutmen stok yang semakin menurun, dan akhirnya jumlah tangkapan pun semakin menurun. Saputra dan Subiyanto (2007) menyatakan produksi udang di kawasan Segara Anakan mengalami *growth overfishing* dengan tingkat eksploitasi sebesar 0,72/tahun. Hasil tangkapan nelayan yang melakukan operasi penangkapan udang di sekitar Ujung Gagak, Sleko, Batere, dan perairan sebelah barat Nusa Kambangan umumnya berkurang. Untuk mengetahui lebih jauh tentang hal ini, maka perlu dilakukan kajian mendalam tentang dinamika penurunan hasil tangkapan udang tersebut akibat pengendapan dan pembuangan limbah industri. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi produksi dan daerah penangkapan udang di kawasan Segara Anakan, menganalisis pola dinamis penurunan hasil tangkapan udang akibat pengaruh pengendapan dan pembuangan limbah industri, serta mengembangkan alternatif intervensi secara *modelling* untuk pengendalian penurunan hasil tangkapan udang.

METODE

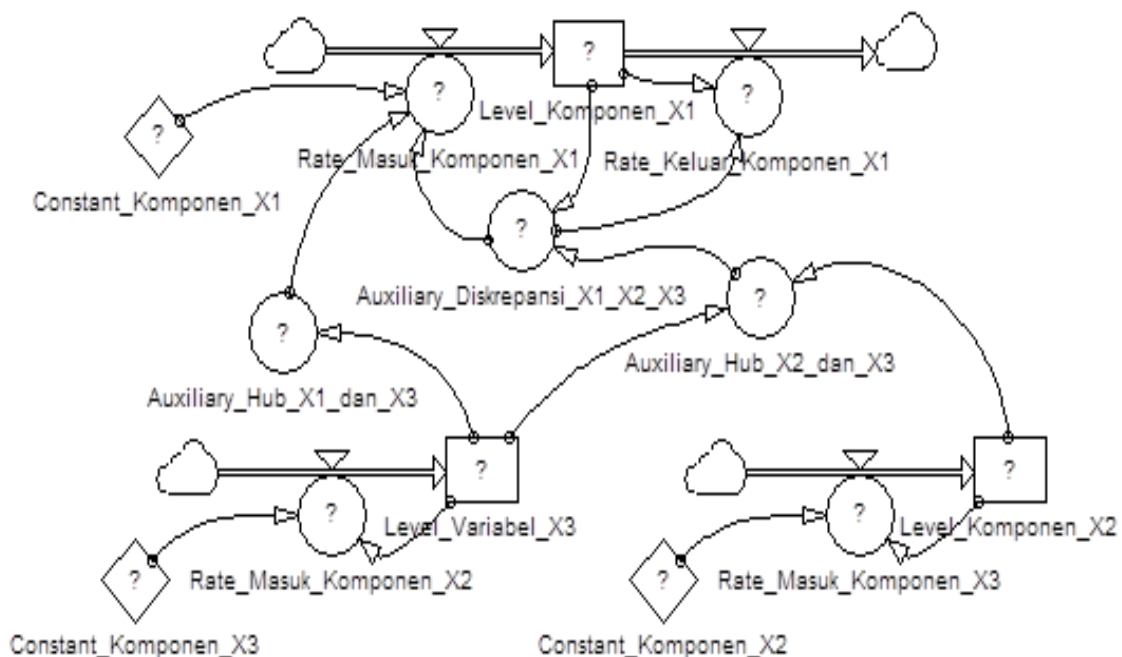
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2014-Januari 2015 dengan lokasi

penelitian adalah kawasan Segara Anakan, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Kawasan Segara Anakan merupakan daerah penangkapan utama untuk udang di Kabupaten Cilacap. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer mencakup data spasial (lokasi, jarak, dan batas wilayah) dari daerah penangkapan udang, kualitas air di sekitar daerah penangkapan udang, perbekalan untuk melaut, dan harga jual. Adapun data sekunder terdiri dari data data *time series* produksi udang, jumlah alat tangkap, penjualan/pemasaran udang, pengendapan kawasan Segara Anakan, debit air sungai, sebaran industri, serta jenis dan debit limbahnya yang dibuang ke kawasan Segara Anakan. Data primer diperoleh dari hasil temuan lapang, adapun data sekunder diperoleh dari hasil studi literature dari instansi terkait seperti Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Cilacap, Dinas Kelautan, Perikanan dan Pengelola Sumberdaya Kawasan Segara Anakan, dan Dinas Perindustrian dan Perdagangan.

Data daerah penangkapan udang, perbekalan, dan harga jual dikumpulkan dengan teknik wawancara kepada 35 nelayan udang. Pemilihan responden nelayan tersebut dilakukan secara *purposive* dengan mempertimbangkan pengalaman dan keaktifan usaha. Sampel kualitas air diambil dari tiga lokasi yang menjadi daerah penangkapan utama untuk udang (hasil identifikasi sebelumnya). Pengambilan sampel

tersebut menggunakan teknik *grab sampling* dengan pertimbangan kualitas air relatif stabil untuk setiap lokasi, karena posisi perairan Laguna Segara Anakan yang terlin-dungi. Data sekunder dikumpulkan melalui telaah pustaka terhadap hasil studi, buku, dan laporan kegiatan yang tersedia pada instansi terkait.

Pengolahan data dilakukan untuk mempersiapkan data sehingga sesuai dengan kebutuhan analisis. Secara umum, pengolahan terhadap data yang telah dikumpulkan mencakup : (1) penyeragaman skala untuk data spasial yang digunakan dalam analisis *Geographic Information System* (GIS), (2) pengkodean sampel kualitas air, (3) pengkuantifikasian dan penentuan rata-rata data, dan (4) pemeriksaan konsisten dan standarisasi satuan data untuk analisis model. Analisis terkait kondisi produksi dan daerah penangkapan udang dilakukan menggunakan metode deskriptif dan GIS. Dengan metode deskriptif, data produksi udang dan data kualitas air di sekitar daerah penangkapan udang dianalisis sedemikianrupa sehingga tersajikan dalam bentuk tabel, gambar, atau grafik yang relevan. Metode GIS digunakan untuk merancang peta daerah penangkapan udang di kawasan Segara Anakan dan sekitarnya. Data spasial seperti lokasi, jarak, dan batas wilayah dimana nelayan banyak menangkap udang akan menjadi *input* penting dalam penyusunan peta daerah penangkapan udang (De Freitas dan Tagliani 2009).



Gambar 1 Rancangan model dinamis pendugaaan pola penurunan hasil tangkapan udang

Data kualitas air di daerah penangkapan udang dianalisis secara laboratorium dan organoleptik. Parameter yang dianalisis adalah parameter fisika-kimia yang mengindikasikan pengendapan dan jenis cemaran limbah industri, namun menjadi kriteria penting keberadaan udang di daerah penangkapan. Dengan mengacu kepada Dsikowitzky *et al.* (2011) dan Casadevall *et al.* (2016), parameter tersebut adalah *total suspended solid* (TSS), bau, kekeruhan, suhu, kecepatan arus, sampah, minyak, pH, *dissolved oxygen* (DO), nitrit, raksa (Hg), dan timbal (Pb). Untuk mengetahui tercemar tidaknya daerah penangkapan udang, maka hasil analisis dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk ikan/ biota laut menurut Keputusan Meneg LH No. 51 Tahun 2004. Adapun penetapan status cemaran mengacu kepada sistem nilai dari US-EPA (*United State-Environmental Protection Agency*) di dalam Keputusan Meneg LH No. 115 Tahun 2003. Status cemaran tersebut dibagi empat kategori, yaitu tidak tercemar (baik), tercemar ringan ($S = 0 - < 5\%$), tercemar sedang ($S = 5\% - < 10\%$), dan tercemar berat ($S > 10\%$). Dimana S menyatakan besar penyimpangan hasil analisis dengan baku mutu air laut untuk ikan/biota laut menurut Keputusan Meneg LH No. 51 Tahun 2004.

Pola penurunan hasil tangkapan udang akibat pengendapan dan pencemaran limbah industri dianalisis menggunakan pendekatan model dinamis. Menurut Lorenzen (2016) dan Muhammadi *et al.* (2001), model dinamis dapat menduga perubahan dari suatu komponen dengan pola yang meningkat atau menurun sebagai pengaruh dari kehadiran komponen lain pada waktu tertentu. Dalam penelitian ini, komponen yang menerima pengaruh adalah hasil tangkapan udang, sedangkan komponen yang memberi pengaruh adalah pengendapan dan cemaran limbah industri. Ketiga komponen tersebut menjadi komponen utama dan dikaji interaksinya. Rancangan model dinamis untuk pendugaan pola penurunan hasil tangkapan udang akibat pengendapan dan pencemaran limbah industri di kawasan Segara Anakan disajikan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1, komponen X1, X2, dan X3 merupakan komponen utama yang berinteraksi dan menjadi lingkup penelitian, yaitu masing-masing hasil tangkapan udang, pengendapan, dan cemaran limbah industri. Level digunakan untuk mengilustrasikan transformasi perubahan komponen utama, *auxiliary* digunakan mengakomodir interaksi antara komponen utama dengan komponen prasyarat dalam sistem, *constant* digunakan mengakomodir nilai komponen yang bersifat tetap,

source dan *sink* (tanda awan) digunakan sebagai pembatas sistem dinamis yang digunakan diawal atau diakhir interaksi komponen utama, dan tanda panah mencirikan interaksi/hubungan diantara komponen. Setelah data semua komponen di-*input*, maka dilakukan analisis model untuk *time lag* 75 tahun ke depan. *Time lag* yang cukup lama ini dipilih dengan pertimbangan supaya didapatkan hasil analisis yang lebih jelas dan rinci tentang perilaku interaksi hasil tangkapan udang, pengendapan, dan cemaran limbah industri.

Untuk mengevaluasi model dinamis yang dikembangkan, maka dilakukan uji kestabilan struktur dan uji kinerja model (Mustaruddin *et al.* 2014 dan Muhammadi *et al.* 2001).

- Uji kestabilan struktur dilakukan untuk memperoleh keyakinan sejauh mana model dapat stabil dalam menjelaskan sistem nyata penurunan hasil tangkapan udang akibat pengendapan dan pencemaran limbah industri. Uji kestabilan struktur ini dilakukan dengan memberikan kejutan agregasi pada struktur model. Struktur model dinyatakan stabil bila menunjukkan pola yang sama antara sebelum dan sesudah mendapat kejutan agregasi.
- Uji kinerja model dilakukan untuk mengetahui sejauhmana hasil analisis model dapat menyerupai perubahan pada sistem nyata. Uji kinerja yang dikembangkan ada dua jenis yaitu uji AME dan Uji Kalman Filter (KF). Hasil analisis model dinyatakan serupa dengan sistem nyatanya bila mempunyai nilai AVE $< 0,05$ dan nilai KF berkisar $0,475 - 0,525$.

Untuk lebih mendayagunakan model yang berhasil dikembangkan, maka dilakukan beberapa intervensi. Alternatif intervensi yang dipilih selanjutnya ditentukan berdasarkan pola dinamis yang ditunjukkan oleh hasil analisis model tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi produksi dan daerah penangkapan udang

Produksi udang di Kabupaten Cilacap sebagian besar merupakan hasil tangkapan laut. Udang tersebut umumnya ditangkap di kawasan Segara Anakan. Menurut Nordhaus *et al.* (2011) dan Purwanto *et al.* (2014), kawasan Segara Anakan kaya dengan nutrisi/makanan yang dibutuhkan udang untuk berkembang biak, dan hutan bakau yang tumbuh di sepanjang pesisir mendukung hal tersebut terutama dalam penyediaan sumber nitrogen. Gambar 2 menyajikan data perkembangan produksi u-

dang di kawasan Segara Anakan dan sekitarnya pada periode tahun 2002-2013.

Produksi udang di kawasan Segara Anakan dan sekitarnya cenderung fluktuatif setiap tahunnya. Produksi tertinggi terjadi pada tahun 2006, yaitu mencapai 2263,0 ton, sedangkan produksi terendah terjadi pada tahun 2010, yaitu mencapai 884,7 ton. Menurut González-Ortegón *et al.* (2016) dan Contardo dan Symonds (2015), fluktuasi produksi dapat dipicu oleh salinitas, suhu, perilaku arus lepas pantai (*coastal current*), gelombang pasang-surut (*swell*), dan angin lokal (*local wind*) di daerah penangkapan. Hal ini bisa jadi karena perilaku tersebut menentukan tingkat pencampuran air laut dengan air tawar melalui aliran sungai. Sedangkan menurut Nordhaus *et al.* (2011) dan Dsikowitzky *et al.* (2011), komponen padatan yang dibawa oleh aliran Sungai Citanduy dan Sungai Cimeneng, fluktuasi limbah industri, serta tingkat cemaran yang dikandungnya berpengaruh penting terhadap perkembangan udang dan sebaran daerah penangkapan udang.

Hasil identifikasi lapang menunjukkan bahwa daerah penangkapan utama untuk udang adalah perairan sekitar Ujung Gagak (DPI 1), perairan sekitar Muara Donan (DPI 2), dan perairan sebelah barat Nusa Kambangan (DPI 3) (Gambar 3). Pemilihan daerah penangkapan tersebut biasanya disesuaikan dengan lokasi tempat tinggal nelayan dan tempat pendaratan ikan (TPI) yang dituju untuk mendaratkan hasil tangkapan. Menurut Dsikowitzky

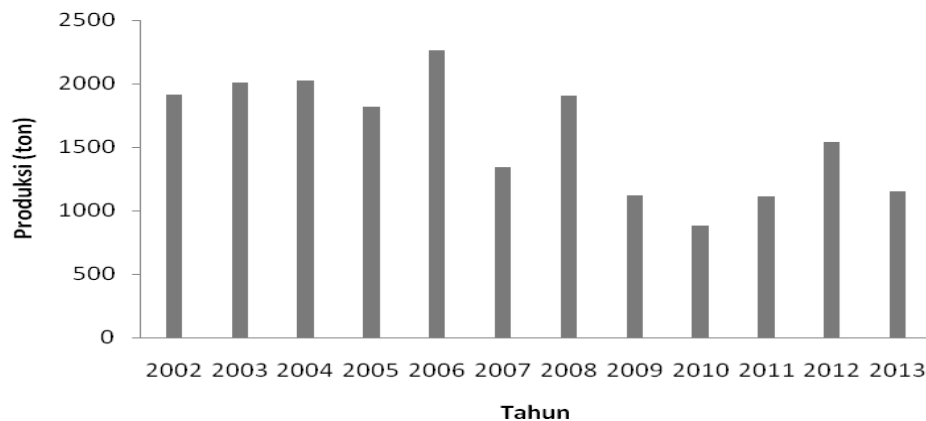
et al. (2011) dan Manez (2010), penangkapan udang di Kabupaten Cilacap umumnya dilakukan dengan sistem *one day fishing* (berangkat malam dan pulang siang hari). Untuk meningkatkan efektivitas penangkapan tersebut, nelayan selalu membaca tanda-tanda alam dan mengutamakan daerah penangkapan (*fishing ground*) terdekat. Sedangkan menurut DKP2S-KSA (2014) dan Pangesti *et al.* (2011), hasil tangkapan di setiap daerah penangkapan terkadang fluktuatif meskipun operasi penangkapan dilakukan pada musim yang sama. Tabel 1 menyajikan kondisi fisiko-kimia ketiga daerah penangkapan udang yang sudah dijelaskan sebelumnya.

Daerah penangkapan udang di kawasan Segara Anakan dan sekitarnya mempunyai TSS dan kekeruhan yang tinggi, serta tercemar ringan oleh minyak dan logam timbal (Pb). Kekeruhan yang tinggi terjadi di semua daerah penangkapan udang dan TSS yang tinggi terjadi di DPI 1 (Ujung Gagak) dan DPI 2 (Muara Donan). Hal ini diduga karena besarnya endapan material yang dibawa aliran sungai serta adanya pembuangan limbah industri. TSS dan kekeruhan yang tinggi juga dapat disebabkan oleh debu dari pabrik semen dan abu terbang dari PLTU yang tercuci oleh air hujan (Vrana *et al.* 2016 dan Dsikowitzky *et al.* 2011). Menurut Manez (2010) dan DKP2SKSA (2009), sungai yang bermuara di kawasan Segara Anakan ada sekitar 7 buah, namun yang terbesar adalah Sungai Citanduy dan Sungai Cimeneng. Industri yang berkembang saat ini adalah industri besar seperti Pabrik Semen Holcim, kilang

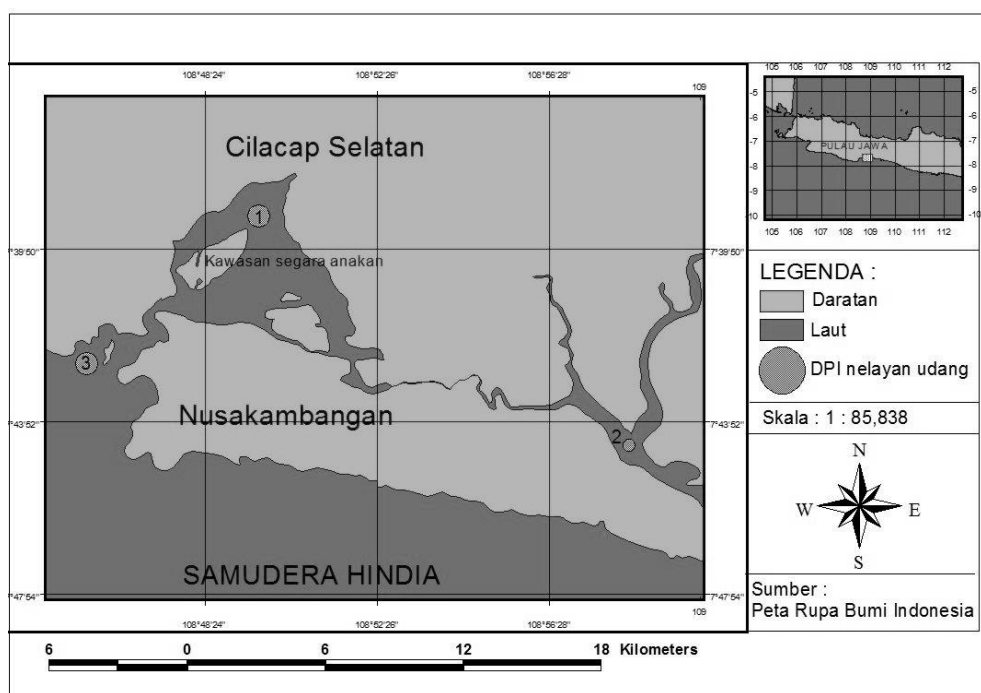
Tabel 1 Kondisi fisiko-kimia daerah penangkapan udang

Parameter	Baku Mutu*	Daerah Penangkapan Udang			Nilai Rataan	Status**
		DPI 1	DPI 2	DPI 3		
TSS (ppm)	25	45,2	37	24	35,4	Tercemar berat (S = 41,6 %)
Salinitas (‰)	Alami	26,3	29,4	31,2	28,9	Baik
Bau	Alami	Alami	Alami	Alami	Alami	Baik
Kekeruhan (NTU)	< 5	6,3	5,8	5,4	5,8	Tercemar berat (S = 16,7 %)
Suhu (°C)	Alami	31,2	30,1	28,3	29,9	Baik
Kecepatan arus (m/detik)	< 2	1,02	0,241	0,22	0,49	Baik
Sampah	Tidak Ada (-)	-	-	-	-	Baik
Minyak	< 1	1,019	1,328	0,658	1,002	Tercemar ringan (S = 0,17 %)
pH	6-9	6,8	6,5	7,2	6,8	Baik
DO (ppm)	> 4	5,6	5,3	6,2	5,7	Baik
Nitrit (ppm NO ₂)	< 0,06	0,0121	0,0078	0,0138	0,0112	Baik
Hg (ppm)	≤ 0,002	0,0018	0,0012	0,0011	0,0013	Baik
Pb (ppm)	< 0,001	0,0009	0,00134	0,0007	0,00102	Tercemar ringan (S = 1,67 %)
		1		5		

Keterangan : (1) *Keputusan Meneg LH No. 51 Tahun 2004 untuk ikan/biota laut, (2) **Keputusan Meneg LH No. 115 Tahun 2003 terkait sistem nilai US-EPA (3) DPI 1 = perairan sekitar Ujung Gagak, (4) DPI 2 = perairan sekitar Muara Donan, dan (5) DPI 3 = perairan sebelah barat Nusa Kambangan.



Gambar 2 Perkembangan produksi udang laut di kawasan Segara Anakan dan sekitarnya



Gambar 3 Peta daerah penangkapan udang di kawasan Segara Anakan dan sekitarnya

minyak, dan PLTU Cilacap. Pencemaran minyak dan timbal (Pb) yang tinggi terjadi di DPI 2 (Muara Donan) diduga karena dekat dengan Pabrik Semen Holcim dan kilang minyak.

Pola Dinamis Penurunan Hasil Tangkapan Udang Akibat Pengendapan dan Pembuangan Limbah Industri

Penurunan hasil tangkapan udang akibat pengendapan dan pembuangan limbah industri ini dikaji dengan mengembangkan analisis model dinamis. Dalam analisis model ini, hasil tangkapan udang, pengendapan, dan cemaran limbah industri akan menjadi komponen utama penyusun model. Model dinamis yang berhasil dikembangkan disajikan pada Gambar 4. Kom-

ponen hasil tangkapan udang, pengendapan, dan cemaran limbah industri diilustrasikan dalam bentuk level, karena akan dianalisis transformasi perubahannya sebagai akibat interaksi dengan komponen lainnya. Menurut Lorenzen (2016) dan Muhammadi *et al.* (2001), penggambaran komponen utama dalam bentuk level membantu untuk mendeteksi perubahan/dinamika kuantitas yang terjadi setiap waktu sebagai akibat komponen menerima atau memberi pengaruh dalam interaksinya. Pada model Gambar 4, keberadaan nelayan tidak diakomodir secara tersendiri karena sudah diwakili oleh laju penangkapan yang merupakan representasi aktivitas nelayan dalam menggunakan alat tangkap tertentu untuk menangkap populasi udang. Hasil uji kestabilan struktur model disajikan pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5, perilaku komponen hasil tangkapan udang, pengendapan, dan cemaran limbah industri menunjukkan pola yang sama sebelum dan sesudah mendapat kejutan agregasi. Dengan demikian, model dinamis yang dikembangkan mempunyai struktur yang “stabil”. Untuk uji kinerja, model juga mempunyai nilai AME dan KF yang baik, yaitu masing-masing 0,0412 dan 0,5124. Sedangkan menurut Muhammadi *et al.* (2001), nilai AME dan KF yang dipersyaratkan untuk model dinamis adalah masing-masing $< 0,05$ dan $0,475-0,525$. Terkait dengan ini, maka model dinamis yang dikembangkan dapat digunakan untuk menjelaskan pola penurunan hasil tangkapan udang akibat pengendapan dan pembuangan limbah industri, dan hasil analisisnya disajikan pada Gambar 6.

Hasil tangkapan udang (Gambar 6a) cenderung menurun seiring dengan meningkatnya akumulasi endapan (Gambar 6c) dan cemaran limbah industri (Gambar 6d) di kawasan Segara Anakan. Bila saat ini (tahun 2013) hasil tangkapan udang mencapai 1147,8 ton, maka 75 tahun kemudian hasil tangkapan tersebut bisa menurun 43,04% (menjadi 653,8 ton). Terkait dengan akumulasi endapan dan cemaran limbah industri, dapat terasa nyata dalam bentuk penyempitan daerah penangkapan udang dan degradasi perkembangbiakan, sehingga menurunkan populasi dan upaya penangkapan udang. Populasi dan upaya penangkapan akan berpengaruh langsung terhadap jumlah hasil tangkapan udang yang didapat oleh nelayan.

Menurut DKP2SKSA (2009) dan Syakti *et al.* (2013) pengendapan yang terjadi di kawasan mencapai 1 juta m^3/tahun yang disumbang oleh material yang dibawa aliran dua sungai utama, yaitu Sungai Citanduy ($750.000 \text{ m}^3/\text{tahun}$) dan Sungai Cimeneng ($250.000 \text{ m}^3/\text{tahun}$). Sedangkan menurut Dsikowitzky *et al.* (2011) dan Manez (2010), penyempitan daerah penangkapan merupakan indikasi terbatasnya habitat dan ruang gerak ikan untuk mencari makan yang secara tidak langsung mempengaruhi potensi udang yang bisa ditangkap.

Bila mencermati lebih jauh, penurunan hasil tangkapan udang (Gambar 6a) cenderung terjadi secara eksponensial (lebih cepat dengan bertambahnya waktu). Hal ini dapat diketahui dengan mudah dari *trend* laju penangkapan udang yang melemah dari tahun ke tahun (Gambar 6b). Sedangkan menurut Daliri *et al.* (2015), penurunan laju penangkapan erat kaitannya dengan ketersediaan sumberdaya yang ada di suatu perairan. Pada model yang dikembangkan (Gambar 4), ketersediaan sumberdaya tersebut diakomodir dalam bentuk kompo-

nen *auxiliary* berupa populasi udang. Bila dihubungkan dengan pola pengendapan dan cemaran limbah industri, maka penurunan produksi udang yang semakin cepat tersebut diduga disebabkan oleh pengaruh cemaran limbah industri yang selain mempersempit daerah penangkapan, juga memberi efek degradatif terhadap perkembangbiakan udang. Hal ini dapat dilihat dari grafik cemaran limbah industri (Gambar 6d) yang meningkat semakin cepat dengan bertambahnya waktu, akibat adanya komponen limbah yang sulit terurai (seperti logam Hg dan Pb).

Dsikowitzky *et al.* (2011) dan Lin *et al.* (2007) menyatakan bahwa logam berat, nitrit, dan komponen pencemar lainnya yang mengkoagulan menjadi padatan tersuspensi (TSS) mempunyai efek pencemar yang lebih besar terhadap sumberdaya ikan dan biota perairan lainnya. Hasil analisis sebelumnya (Tabel 1) juga menunjukkan bahwa secara umum kandungan logam Pb di daerah penangkapan udang Segara Anakan sudah melebihi baku air laut untuk biota laut. Hal ini mengindikasikan bahwa degradasi perkembangbiakan udang oleh limbah industri telah terjadi di kawasan Segara Anakan dan secara nyata menurunkan produksi udang dari waktu ke waktu. Hasil tangkapan udang merupakan komoditas perikanan penting bagi nelayan Kabupaten Cilacap. Oleh karena itu, berbagai intervensi yang dapat mengendalikan penurunan hasil tangkapan udang sangat diperlukan.

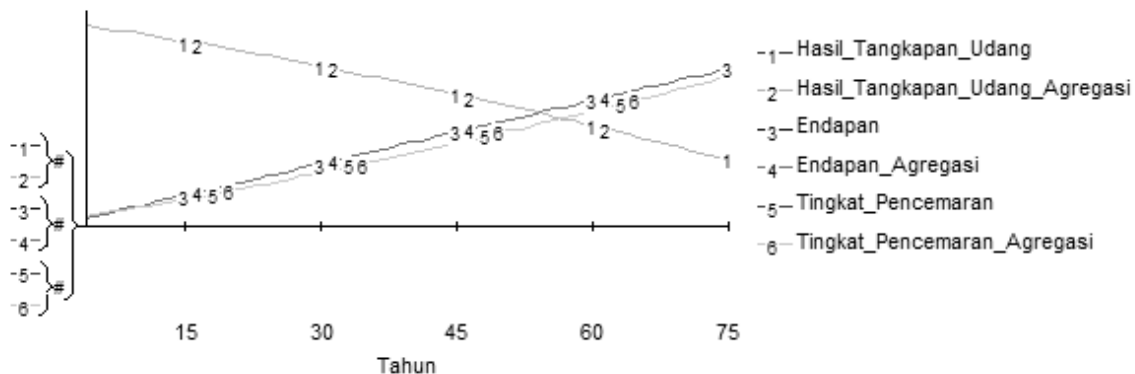
Intervensi terhadap Penurunan Hasil Tangkapan Udang

Intervensi 1: Pengaturan daerah penangkapan udang

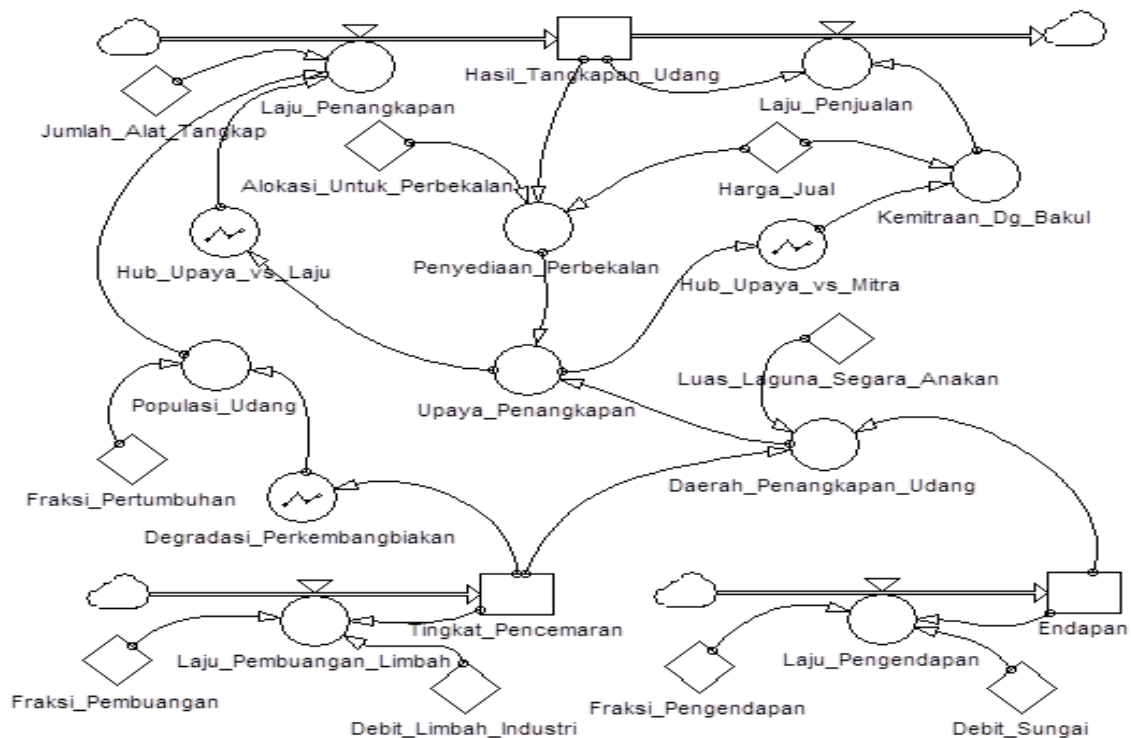
Pengaturan daerah penangkapan udang yang dimaksud adalah penerapan sistem buka tutup (*open-close*) dan pembatasan daerah penangkapan yang bisa diakses. Sistem buka tutup diskenariokan 2 (dua) tahun ditutup dan 5 (lima) tahun dibuka. Hal ini mengacu kepada Willems *et al.* (2016) dan González-Ortegón *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa udang dapat berkembangbiak secara produktif hingga umur 1,5-2 tahun dipengaruhi kondisi habitat, dan masa puncak rekrutmen maksimum dipastikan dapat terjadi dalam waktu 5 (lima) tahun. Selama 5 (lima) tahun kegiatan penangkapan udang berlangsung, daerah penangkapan yang bisa diakses dibatasi 50%, dengan maksud supaya habitat inti udang tetap dapat terlindungi. Hasil analisis model melalui pengaturan daerah penangkapan ini (intervensi 1) disajikan pada Gambar 7. Hasil tangkapan udang cenderung stabil pada kisaran angka 902,2-929,1 ton setiap tahunnya bila diberlaku-

kan sistem buka tutup penangkapan dan pembatasan daerah penangkapan yang bisa diakses. Menurut Jalali *et al.* (2015); Nurdin dan Grydehoj (2014), sistem buka tutup sangat membantu pengelolaan potensi sumberdaya di daerah penangkapan yang sempit, karena adanya kompromi kegiatan perlindungan sumberdaya dan kegiatan pemanfaatan. Sedangkan menurut Daliri *et al.* (2015) dan He dan Balzano (2012) proteksi daerah habitat dan pengaturan pola pemanfaatan terutama terkait size alat tangkap akan lebih menjamin kelestarian spe-

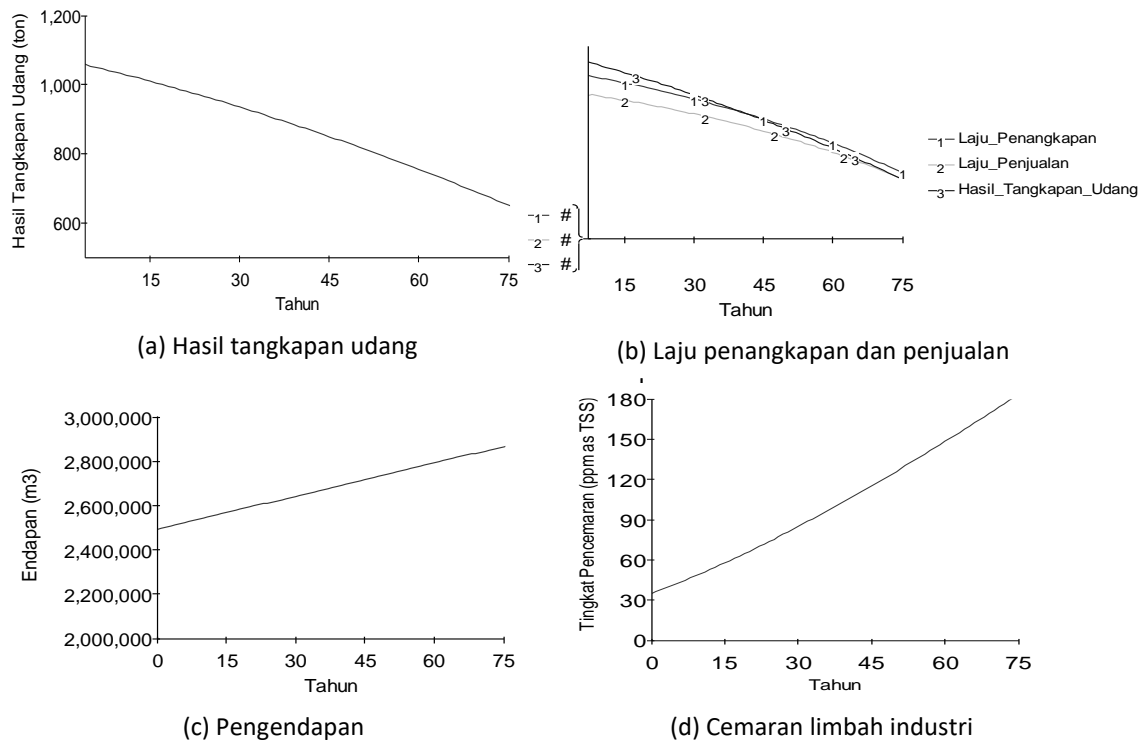
sies di kawasan yang sempit. Bila mengacu kepada Gambar 7b, luasan daerah penangkapan udang tetap berkurang setiap tahunnya sebagai akibat meningkatnya akumulasi endapan dan cemaran industri, namun hasil tangkapan udang tetap stabil. Terkait dengan ini, maka intervensi 1 dapat dikatakan sangat baik untuk dikembangkan di kawasan Segara Anak karena memberi jeda waktu dan ruang bebas yang optimal untuk udang berkembang biak, meskipun pengendapan dan pembuangan limbah industri terus terjadi.



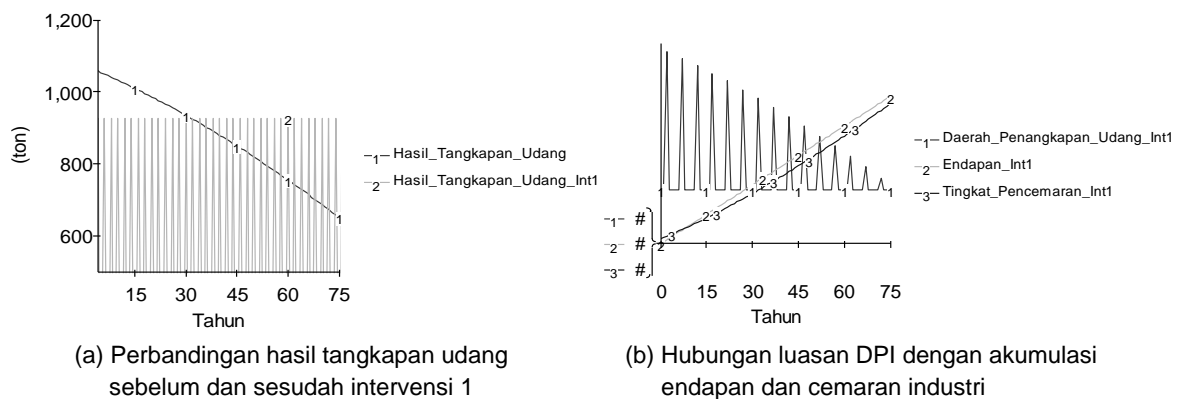
Gambar 4 Hasil uji kestabilan struktur model sebelum dan sesudah mendapat kejutan agregasi



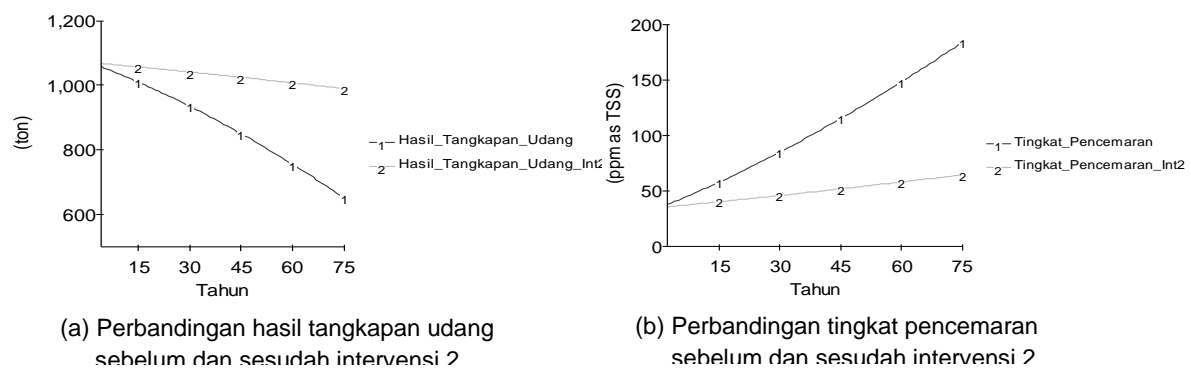
Gambar 5 Model dinamis penurunan hasil tangkapan udang akibat pengendapan dan pembuangan limbah industri



Gambar 6 Pola dinamis penurunan hasil tangkapan udang akibat pengendapan dan pembuangan limbah industri



Gambar 7 Pengaruh pengaturan daerah penangkapan terhadap hasil tangkapan udang



Gambar 8 Pengaruh penghentian pembuangan limbah industri ke kawasan Segara Anakan

Intervensi 2 : Penghentian pembuangan limbah industri

Penghentian pembuangan limbah industri ke kawasan Segara Anakan dan sekitarnya diyakini dapat mencegah penurunan yang berlebihan terhadap hasil tangkapan udang. Dalam penelitian ini, penghentian diskenariokan bersifat mutlak yang berarti semua industri harus melakukan pengolahan limbah yang dihasilkannya tanpa terkecuali. Menurut Hingtgen *et al.* (2015), dalam praktek industri yang baik, apapun jenis limbah yang dihasilkan harus diolah dan baru boleh dialirkan ke perairan bila kualitasnya sudah sesuai baku mutu air untuk kehidupan biota laut. Sedangkan menurut Sumaila *et al.* (2016), dampak utama dari limbah industri adalah penurunan kualitas perairan dan degradasi perkembangbiakan biota. Secara langsung maupun tidak, kedua hal ini mempengaruhi hasil tangkapan udang secara drastis. Gambar 8 menyajikan hasil analisis model yang memasukkan intervensi 2 (penghentian pembuangan limbah industri).

Berdasarkan Gambar 8a, penghentian pembuangan limbah industri ke kawasan Segara Anakan dapat meminimalisir penurunan hasil tangkapan. Bila saat ini (tahun 2013) hasil tangkapan udang mencapai 1147,8 ton, maka 75 tahun kemudian hasil tangkapan tersebut diduga hanya turun 13,00%, yaitu menjadi 998,6 ton. Sedangkan sebelum intervensi, penurunan tersebut bisa mencapai 43,04%. Hal ini terjadi karena cemaran limbah industri menurun drastis (Gambar 8b), sehingga gangguannya terhadap perkembangbiakan udang dan daerah penangkapan menurun. Aristi *et al.* (2011) dan Chavez *et al.* (2008) menyatakan bahwa perkembangan populasi berpengaruh langsung terhadap jumlah hasil tangkapan, sementara upaya penangkapan dan teknologi operasi dikendalikan oleh manusia sehingga pengaruhnya tidak banyak terlihat. Selanjutnya menurut Guijarro *et al.* (2012), fluktuasi hasil tangkapan untuk udang umumnya lebih tinggi daripada jenis ikan lainnya, karena perkembangan populasinya sangat dinamis mengikuti kondisi perairan.

KESIMPULAN

Pada periode tahun 2002–2013, produksi tertinggi udang di kawasan Segara Anakan dan sekitarnya terjadi pada tahun 2006, yaitu mencapai 2263,0 ton, dan terendah terjadi pada tahun 2010, yaitu mencapai 884,7 ton. Daerah penangkapan utama untuk udang adalah perairan sekitar Ujung Gagak (DPI 1), perairan sekitar Muara Donan (DPI 2), dan

perairan sebelah Barat Nusa Kambangan (DPI 3). Secara umum, daerah penangkapan udang di kawasan Segara Anakan tersebut mempunyai TSS dan kekeruhan yang tinggi, serta tercemar ringan oleh minyak dan logam timbal (Pb). Analisis model dinamis menunjukkan bahwa hasil tangkapan udang cenderung menurun secara eksponensial seiring meningkatnya akumulasi endapan dan cemaran limbah industri dari waktu ke waktu. Hasil tangkapan udang yang saat ini (tahun 2013) mencapai 1147,8 ton, bisa menurun 43,04% menjadi 653,8 ton setelah 75 tahun kemudian. Bila model tersebut diintervensi dalam bentuk penerapan sistem *open-close* (tutup 2 tahun, buka 5 tahun) dan pembatasan daerah penangkapan yang bisa diakses (hanya 50%), maka hasil tangkapan udang cenderung stabil pada kisaran angka 902,2-929,1 ton setiap tahunnya. Sedangkan bila intervensi dilakukan dalam bentuk penghentian pembuangan limbah industri ke kawasan Segara Anakan dan sekitarnya, maka 75 tahun kemudian hasil tangkapan tersebut diduga hanya turun 13,00%, yaitu menjadi 998,6 ton.

SARAN

Perlu dikembangkan kebijakan teknis yang dapat mengendalikan penurunan hasil tangkapan udang di kawasan Segara Anakan dan sekitarnya. Sistem buka tutup (*open-close*) dan pembatasan daerah penangkapan udang yang bisa diakses, serta penghentian pembuangan langsung limbah industri ke kawasan Segara Anakan dapat menjadi input penting dari kebijakan tersebut, karena pengaruhnya dapat terasa secara jangka panjang. Pelaksanaan kebijakan tersebut nantinya harus diawasi secara ketat dengan melibatkan instansi terkait yang ada di Kabupaen Cilacap.

DAFTAR PUSTAKA

- Aristi DPF, Pramonowibowo, Kurohman F, Bogi BJ. 2011. Efektivitas dan Efisiensi Penangkapan Udang di Tambak Lorok, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*. 1(1): 95-105.
- Casadevall M, Torres J, El Aoussimi A, Carbonell A, Delgado E, Sarrà-Alarcón L, García-Ruiz C, Esteban A, Mallol S, Bellido JM. 2016. Pollutants and Parasites in Bycatch Teleosts from South Eastern Spanish Mediterranean's Fisheries: Concerns Relating the Foodstuff Harboring. *Marine Pollution Bulletin*. 104 (2): 182-189.

- Chavez C, González N, Salgado H. 2008. ITQs Under Illegal Fishing: An Application to the Red Shrimp Fishery in Chile. *Journal of Marine Policy*. 32(4): 570–579.
- Contardo S, Symonds G. 2015. Sandbar Straightening under Wind-Sea and Swell Forcing. *Journal of Marine Geology*. 368(1): 25–41.
- Daliri M, Kamrani E, Paighambari SY. 2015. Illegal Shrimp Fishing in Hormozgan Inshore Waters of the Persian Gulf. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. 41(4): 345–352.
- De Freitas MD, Tagliani PRA. 2009. The Use of GIS for The Integration of Traditional And Scientific Knowledge in Supporting Artisanal Fisheries Management in Southern Brazil. *Journal of Environmental Management*. 90(6): 2071–208.
- [DKP] Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Tengah. 2014. *Statistik Perikanan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2013*. Semarang: DKP Provinsi Jawa Tengah.
- [DKP2SKSA] Dinas Kelautan, Perikanan dan Pengelola Sumberdaya Kawasan Segara Anakan Kabupaten Cilacap. 2014. *Laporan Tahunan Dinas Kelautan, Perikanan dan Pengelola Sumberdaya Kawasan Segara Anakan Tahun 2013*. Cilacap: DKP2SKSA Kabupaten Cilacap.
- [DKP2SKSA] Dinas Kelautan, Perikanan dan Pengelola Sumberdaya Kawasan Segara Anakan Kabupaten Cilacap. 2009. Laju Sedimentasi Laguna Segara Anakan Cilacap 1 Juta Meter Kubik per Tahun [Inter-net]. [diunduh 2016 April 4]. Tersedia pada: <http://www.kesimpulan.com/2009/07/laju-sedimentasi-laguna-segara-anakan.html>.
- Dsikowitzkya L, Nordhaus I, Jennerjahn TC, Khrychevab P, Sivatharshanb Y, Yuwono E, Schwarzbauerd J. 2011. Anthropogenic Organic Contaminants in Water, Sediments and Benthic Organisms of the Mangrove-Fringed Segara Anakan Lagoon, Java, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 62(4): 851–862.
- González-Ortegón E, Palero F, Lejeusne C, Drake P, Cuesta JA. 2016. A Salt Bath Will Keep You Going? Euryhalinity Tests and Genetic Structure of Caridean Shrimps from Iberian Rivers. *Science of the Total Environment*. 540(1): 11–19.
- González-Ortegón E, Pascual E, Drakeb P. 2013. Respiratory Responses to Salinity, Temperature and Hypoxia of Six Caridean Shrimps from Different Aquatic Habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 445(1): 108–115.
- Guijarro B, Fanelli E, Moranta J, Cartes JE, Massuti E. 2012. Small-Scale Differences in the Distribution and Population Dynamics of Pandalid Shrimps in the Western Mediterranean in Relation to Environmental Factors. *Journal of Fisheries Research*. 119(1): 33–47.
- He P, Balzano V. 2012. The Effect of Grid Spacing on Size Selectivity of Shrimps in a Pink Shrimp Trawl with a Dual-Grid Size-Sorting System. *Journal of Fisheries Research*. 121(1): 81–87.
- Hingtgen N, Kline C, Fernandes L, McGehee NG. 2015. Cuba in Transition: Tourism Industry Perceptions of Entrepreneurial Change. *Journal of Tourism Management*. 50(1): 184–193.
- Jalali MA, Ierodiconou D, Monk J, Gorfine H, Rattray A. 2015. Predictive Mapping of Abalone Fishing Grounds Using Remotely-Sensed LiDAR and Commercial Catch Data. *Journal of Fisheries Research*. 169(1): 26–36.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (Keputusan Meneg LH) Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut Untuk Ikan/Biota Laut.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (Keputusan Meneg LH) Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.
- Lin B, Lin CY, Jon TC. 2007. Investigation of Strategies to Improve the Recycling Effectiveness of Waste Oil From Fishing Vessels. *Journal of Marine Policy*. 31(4): 415–420.
- Lorenzen K. 2016. Toward a New Paradigm for Growth Modeling in Fisheries Stock Assessments: Embracing Plasticity and Its Consequences. *Journal of Fisheries Research*. 180(1): 4–22.
- Manez KS. 2010. Java's Forgotten Pearls: The History and Disappearance of Pearl Fishing in the Segara Anakan Lagoon, South Java, Indonesia. *Journal of Historical Geography*. 36(4): 367–376.
- Muhammadi, Aminulla E, Soesilo B. 2001. *Analisis Sistem Dinamis Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen*. Jakarta: UMJ Press.
- Mustaruddin, Mulyono SB, Supriatna A. 2014. Strategi Pengembangan Perikanan

- Cakalang yang Bersinergi dengan Faktor Lingkungan dan Sosial Ekonomi di Ternate : Studi Kasus Penangkapan Ikan Menggunakan Huhate. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 3(1): 1-9.
- Nordhaus I, Salewski T, Jennerjahn TC. 2011. Food Preferences of Mangrove Crabs Related to Leaf Nitrogen Compounds in the Segara Anakan Lagoon, Java, Indonesia. *Journal of Sea Research*. 65(4): 414-426.
- Nurdin N, Grydehoj A. 2014. Informal Governance Through Patron-Client Relationships and Destructive Fishing in Spermonde Archipelago, Indonesia. *Journal of Marine and Island Cultures*. 3(2): 54-59.
- Pangesti TP, Nurani TW, Wiyono ES. 2011. Strategi Pengelolaan untuk Meningkatkan Produksi Udang di Kabupaten Cilacap. *Journal of Fisheries Research*. 2(2): 189-199.
- Purwanto AD, Asriningrum W, Winarso G, Parwati E. 2014. Analisis Sebaran dan Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 di Segara Anakan, Cilacap. Prosiding Seminar Nasional Penginderaan 2014: 232-241.
- Saputra SW, Subiyanto. 2007. Dinamika udang jerbung (*Penaeus merguensis de Man 1997*) di Laguna Segara Anakan Cilacap Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 12(3): 157-166.
- Sumaila UR, Bellmann C, Tipping A. 2016. Fishing for the Future: An Overview of Challenges and Opportunities. *Journal of Marine Policy*. 69(1): 173-180.
- Syakti AD, Hidayatia NV, Hilmia E, Piramb A, Doumenq P. 2013. Source Apportionment of Sedimentary Hydrocarbons in the Segara Anakan Nature Reserve, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 74(1): 141-148.
- Vrana B, Smedes F, Prokes R, Loos R, Mazzella N, Mieke C, Budzinski H, Vermeirssen E, Ocelka T, Gravell A, Kaserzon S. 2016. An Interlaboratory Study on Passive Sampling of Emerging Water Pollutants. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 76(1) : 153-165.
- Willems T, Depestele J, Backer AD, Hostens K. 2016. Ray Bycatch in A Tropical Shrimp Fishery: Do Bycatch Reduction Devices and Turtle Excluder Devices Effectively Exclude Rays?. *Journal of Fisheries Research*. 175(1): 35-42.